

Камни на дне Северного Ледовитого океана

Е.А.Гусев

В распределении современных донных осадков Северного Ледовитого океана есть известная особенность: размер составляющих их частиц уменьшается в направлении от источников сноса материала (континентов) в сторону глубоководных котловин. Галька, песок, гравий обычно аккумулируются в пределах современных пляжей, иногда — на мелководье. Меньшие по размеру частицы (алевриты) переносятся ветром, течениями и энергией волн на большую глубину. Самые мелкие, глинистые частицы могут перемещаться на огромные расстояния и достигать глубоководных областей. Поэтому на дне абиссальных равнин океанов (максимально удаленных от берегов) обычно распространены мелкодисперсные илистые осадки.

Эта общая для Мирового океана закономерность нарушается лишь в высоких широтах, где к агентам переноса осадочного материала (ветру, стоку рек, абразии берегов, морским течениям и т.д.) подключается разнос материала дрейфующим льдом, а иногда и айсбергами. При этом на дно океана наряду с илистым материалом попадают песок, гравий и довольно крупные каменные обломки, в англоязычной литературе именуемые IRD (ice rafted debris). Особенности процессов захвата, переноса и отложения обломков морским



Евгений Анатольевич Гусев, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом геологического картирования Всероссийского научно-исследовательского института геологии и минеральных ресурсов Мирового океана им.И.С.Грамберга (Санкт-Петербург). Область научных интересов — геология Арктики, палеогеография четвертичного периода.

льдом подробно описаны в монографии известного морского геолога, академика А.П.Лисицына [1]. Ледовая седиментация наиболее характерна для Арктического бассейна. Но все ли обломки горных пород, попавшие на дно Северного Ледовитого океана, принесены льдами? На этот вопрос я и попытаюсь ответить.

Поднятие Менделеева

Поднятие Менделеева — асейсмичный хребет в Амеразийском бассейне Северного Ледовитого океана. Геоморфологически оно представляет собой ансамбль структур — плато, террас и подводных гор [2]. Над окружающими глубоководными впадинами они возвышаются на 1000—1500 м. В южной части поднятия распространены широкие плосковершинные плато, кое-где нарушенные разломными зонами. Эти разломы в рельефе дна представлены в виде уступов. В районе 81°с.ш. высота поднятия заметно уменьшается, выступают лишь отдельные подводные горы с довольно значительной относительной высотой. С юга на север снижается мощность осадочного чехла, покрывающего положительные формы рельефа.

На крутых склонах подводных гор поднятия Менделеева развиты процессы оползания мягких осадков и скатывания вниз каменных обломков. Тонкие глинистые частицы перемещаются со склонов к подножиям гор в виде взвеси в составе так называемых турбидитных потоков. Широко развиты глубоководные придонные течения, имеющие различные направление, режим и силу.

© Гусев Е.А., 2014



Айсберг в районе поднятия Менделеева.

Фото П.В.Реканта

В течение долгих лет господствовало представление, что на поднятии Менделеева практически повсеместно распространен сплошной осадочный покров мощностью 0,5–1,5 км, исключающий возможность обнаружения на океанском дне выходов литифицированных пород коренного ложа. По данным сейсмических исследований, лишь в отдельных местах, в зонах тектонических нарушений на крутых склонах, породы фундамента непосредственно выступают на поверхности дна [3, 4].

В течение ряда лет участники многих арктических экспедиций поднимали со дна океана различные каменные обломки. Их происхождение достоверно установлено не было, и в этом вопросе мнения исследователей разделились. Одни считают, что камни, а также крупнопесчаный и гравийный материал имеют дрейфовую природу, т.е. принесены сюда с Канадского Арктического архипелага морскими льдами и айсбергами [5–7]. Другие утверждают, что встречающиеся на склонах поднятия Менделеева каменные обломки образовались на месте [8, 9].

Таким образом, для определения источников обломочного материала необходимо детальное исследование особенностей строения подводных гор поднятия Менделеева, в том числе подтверждение или опровержение наличия выходов коренных пород на поверхности океанского дна.

Скалы на дне

С августа по октябрь 2012 г. в Северном Ледовитом океане работала комплексная высокоширотная геолого-геофизическая экспедиция «Арктика-2012», организованная Севморгео и ВНИИОкеангеология. В ней участвовали два ледокола — «Диксон» и «Капитан Драницын», а также исследовательские подводные лодки Министерства обороны России.

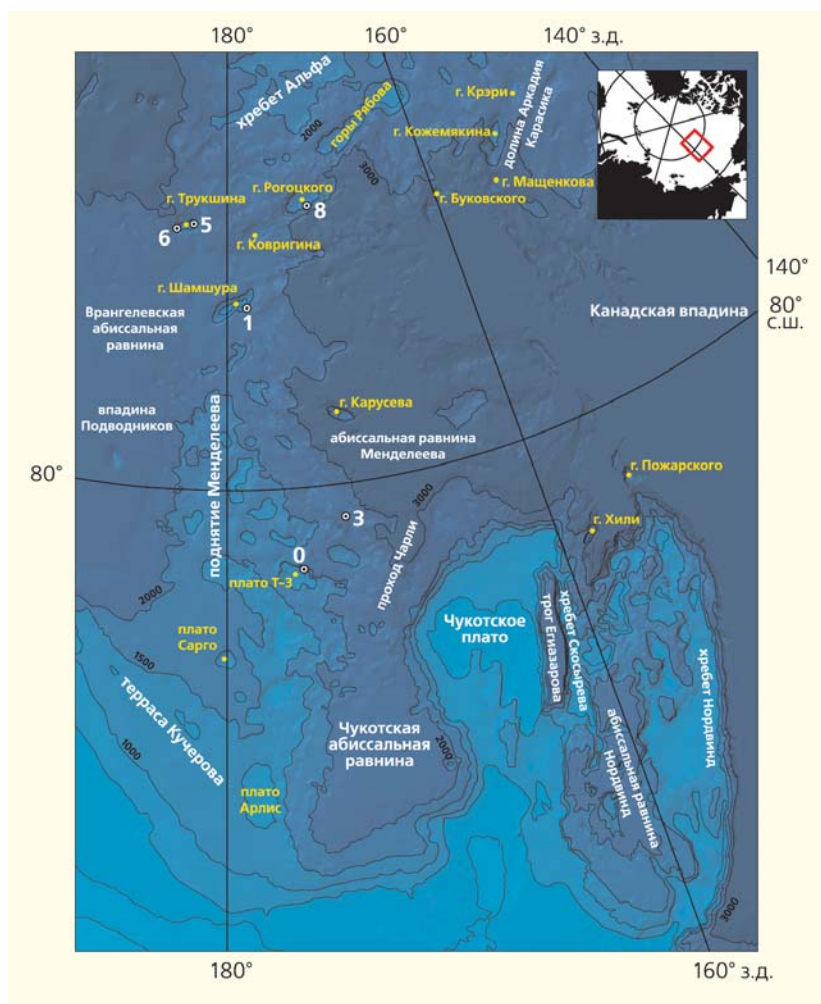
Целями экспедиции были получение сейсмических данных о толщине осадочного чехла на поднятии Менделеева и изучение его глубинной структуры. Планировалось собрать донно-каменный материал, пробурить скважины и поднять полученные керны, определить возраст подводного горного массива и осадочных пород и соотнести получившиеся данные с геофизическими и геологическими исследованиями континента.

В комплекс исследований входило многолучевое эхолотирование, сейсмоакустическое и сонарное профилирование, обследование дна с видеосъемкой обнажений (с расстояния 10–20 м) и отбор проб манипулятором подводной лодки. С ледокола «Капитан Драницын» проводился донный пробоотбор драгой (ковшом, который волочится за судном по дну), телегрейфером (захлопывающимся ковшом для забора донных пород) и полуавтономной буровой установкой. Методика

проведения геолого-геофизических исследований в экспедиции «Арктика-2012» подробно описана в нескольких недавно опубликованных статьях [10, 11]. Увлекательную научно-популярную повесть об экспедиции опубликовал ее участник А.А.Кременецкий [12].

Экспедиционные исследования подтвердили наличие коренных выходов скальных пород на поверхности дна океана на крутых склонах, что было задокументировано с помощью видеоаппаратуры [13]. Впервые в Арктике наблюдения производились не с помощью оборудования, погружаемого с дрейфующего судна за борт, а с подводной лодки, свободно маневрирующей в нужном направлении и производящей непосредственное обследование океанского дна. Я принимал участие в экспедиции в составе экипажа субмарины, поэтому мне и моим коллегам удалось увидеть своими глазами, сфотографировать и снять на видеокамеру подводные ландшафты с коренными выступами.

Обнажения встречались на полигонах 0 (плато Т-3), 1 (гора Шамшура), 5 и 6 (гора Трукшина). Ширина выходов коренных пород варьировала в пределах от 5–10 до 100–200 м. Чаще всего



Батиметрическая карта района поднятия Менделеева (<http://www.ngdc.noaa.gov/gazetteer/>) [2, 3]. Кружками и цифрами показаны полигоны исследований экспедиции «Арктика-2012».



Дизельный ледокол «Капитан Драницын» и научно-исследовательская подводная лодка, принимавшие участие в экспедиции «Арктика-2012».

<http://militaryrussia.ru>



Фотографии скальных выходов на склонах, выполненные с борта подводной лодки: а—г — на плато Т-3 (полигон 0); д, е — на горе Трукушина (полигон 6).

они были вытянуты вдоль некоего гипсометрического уровня либо располагались наклонно, пересекая склон под углом к линии горизонта. Горные породы в скальных поверхностях имели различный облик. Встречались породы как массивные, так и слоистые, часто сильно выветрелые, кавернозные, с видимыми трещинами и протяженными разрывными нарушениями.

На полигоне 8 (гора Рогоцкого) скальных выходов в нижней части склона мы не нашли, однако у подножия встречены массивные блоки (до 20 м в поперечнике), выступающие из донных осадков.

Возможно, они были перемещены к подножию крупным оползнем с верхней части склона, где, по данным многолучевого эхолотирования, зафиксирован обрывистый уступ. На отдельных полигонах скальные выходы и лежащие неподалеку каменные обломки покрыты железомарганцевыми корками довольно большой мощности (до нескольких сантиметров).

С борта ледокола «Капитан Драницын» на полигонах 0 и 5 в местах обнаружения выходов скальных пород было выполнено бурение скважин, которые вскрыли вулканические породы [14].



Опускание буровой установки с борта ледокола.

Фото П.В.Реканта

Обломки на склонах и у подножий

Еще в 1960-х годах американские и канадские исследователи района поднятия Менделеева по материалам систематического фотографирования дна указывали на контрастные различия в строении дна впадин и подводных гор [15]. Для впадин были характерны очень редкие каменные обломки на поверхности, для гор — скопления крупных кусков горных пород с разной степенью окатанности.

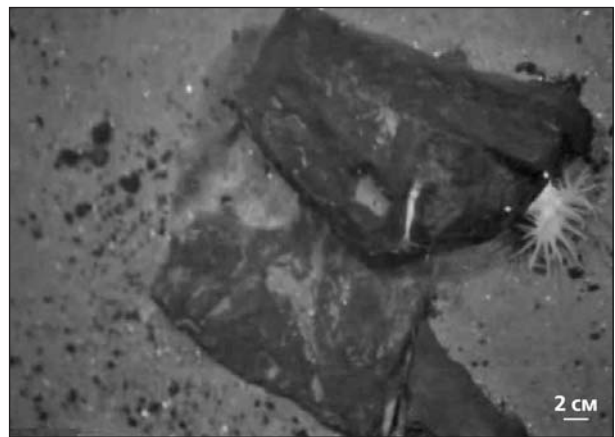
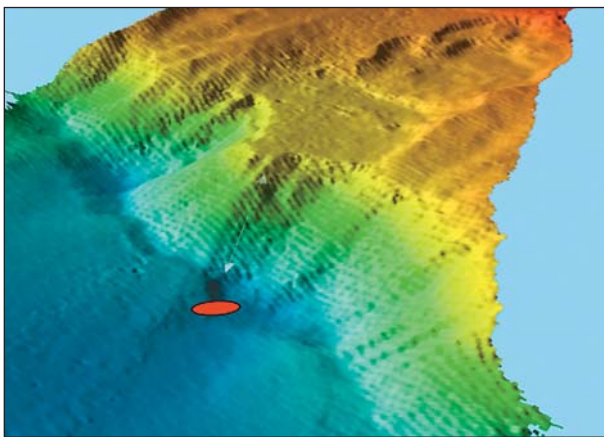
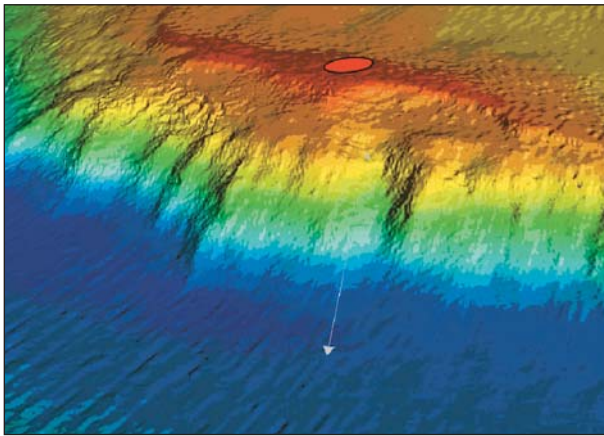
В экспедиции «Арктика-2012» глубоководные котловины не изучались, обследовались только подводные горы. Тем не менее увеличение количества каменных обломков на склонах и у подножий, а также снижение их числа при удалении от подводных гор наблюдалось и нами.

Но, безусловно, одних только визуальных наблюдений коренных выступов и данных бурения недостаточно для определения источников каменных обломков — драгированных, отобранных грунтовыми трубками и дночерпателями со склонов подводных гор. В отличие от кернов буровых скважин, состоящих из магматических образований, материал из драг был представлен широким спектром осадочных, метаморфических и магма-

тических горных пород. Следует отметить, что на склонах гор как на суше, так и в океане обычно в виде обнажений выступают устойчивые к разрушению магматические породы. Осадочные же, более податливые к размыву, часто перекрыты склоновыми отложениями различной мощности. Поэтому вскрытые всего двумя скважинами вулканические образования не доказывают исключительно магматического происхождения фундамента поднятия Менделеева, как это предполагалось по сейсмическим данным [4].

В экспедиции изучены строение дна Северного Ледовитого океана и особенности распределения каменных обломков по дну в местах как наличия, так и отсутствия выходов коренных пород. Так, в южной части поднятия Менделеева на плоской вершине одной из подводных гор (полигон 3), перекрытой мощной толщей слоистых осадков, встречены каменные обломки различной морфологии, очевидно, принесенные сюда дрейфующими льдами и айсбергами.

Особенно большие скопления каменных обломков отмечались у подножия крутых склонов подводных гор, а также непосредственно у основания обследованных скальных обнажений. Здесь их размер увеличивается, нередко встречаются



Модели рельефа дна в пределах склонов поднятия Менделеева и фотографии, сделанные с подводной лодки (места съемки отмечены красным): сверху — полигон 3, внизу — полигон 5.

крупные глыбы с острыми краями и свежими сколами, четкими неровными гранями. Источником таких обломков, по всей видимости, служат выступающие в непосредственной близости выходы скальных пород. При этом определенный вклад в концентрирующийся у подножий материал вносит и ледовый разнос.

Разумеется, невозможно только по морфологическим признакам разделить драгированные

обломки горных пород на скатившиеся со склонов, имеющие местное происхождение и принесенные сюда дрейфующими льдами. Айсберговый материал, так же как и инситный (образовавшийся на месте), может иметь «свежий» облик, острые и неровные края и довольно крупные размеры. Выполненный петрографический анализ образцов показал, что среди обломков одновременно присутствуют как заведомо инситные породы

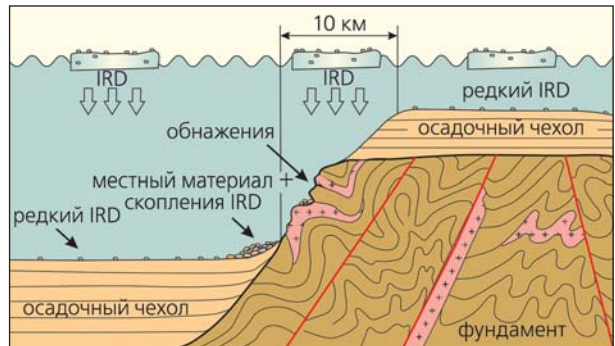
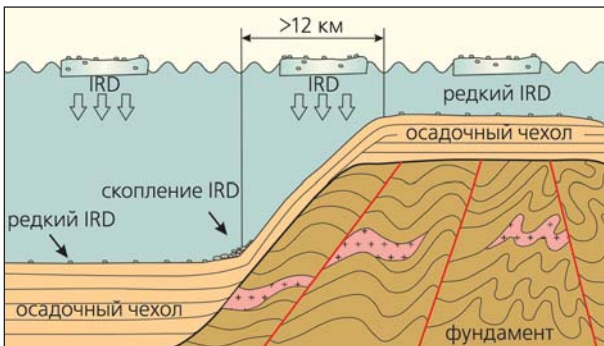


Схема строения гор поднятия Менделеева: слева — склоны, покрытые мощной толщей осадочного чехла, справа — склоны с обнажениями коренных пород.



Каменные обломки, отобранные манипулятором подводной лодки на полигоне 0.

Фото П.В.Реканта

(те самые, что вскрыты в пробуренных неподалеку неглубоких скважинах), так и материал ледового разноса. Разрушение коренных пород фундамента в обнажениях, по всей видимости, в настоящее время замедлено, и к подножиям попадает лишь небольшое количество обломков. Такой вывод сделан по результатам изучения обнажений: практически все они обладают незначительными размерами (небольшой вертикальной протяженностью обнаженных склонов), характеризуются низкой интенсивностью процессов дезинтеграции скальных пород под водой и имеют невысокую скорость потоков массопереноса по склонам подводных гор.

Несмотря на полное отсутствие эпицентров современных землетрясений в данном районе, свежесть тектонически обусловленных склонов подводных гор поднятия Менделеева и наличие выступов коренных пород в эскарпах свидетельствуют о былой сейсмической активности района. Землетрясения, происходившие здесь в недавнем прошлом, могли приводить к разрушению склонов, скатыванию вниз каменных обломков и оползанию осадков [16]. О былой сейсмической активности района говорят отмеченные на сеймопрофилях многочисленные разрывные нарушения в фундаменте и осадочном чехле поднятия Менделеева [4].

К вопросу о внешней границе шельфа

Вопрос о происхождении каменных обломков на склонах гор поднятия Менделеева чрезвычайно важен в свете решения вопроса о внешней границе континентального шельфа Российской Федерации в Северном Ледовитом океане. Многие российские геологи и геофизики считают поднятие Менделеева, хребет Ломоносова и части окружающих их впадин естественным продолжением структур Восточно-Арктического континентального шельфа России в глубоководную область океана [17]. Большинство иностранных ученых придерживается взглядов об океаническом происхождении этих структур.

Россия может претендовать на территории подводных гор, если докажет их континентальную природу, т.е. то, что они служат подводным продолжением материка.

В экспедиции «Арктика-2012» установлено, что каменные обломки, отобранные со склонов гор поднятия Менделеева, свидетельствуют о континентальном происхождении слагающих их горных пород. Полученные со дна образцы представлены известняками и доломитами (50–65%), песчаниками, алевролитами, аргиллитами (20–25%), базальтами, долеритами, гранитами (5–25%), а также метаморфическими сланцами и гнейсами

(2–12%) [13]. Таким образом, в строении фундамента поднятия Менделеева участвуют осадочные, метаморфические и магматические породы, характерные именно для континентальной литосферы. Поэтому важно было определить, принесены ли обломки дрейфующим льдом и айсбергами или же они имеют местное происхождение. По результатам экспедиции удалось сделать очень важный вывод: на склонах подводных гор наряду с обломками, принесенными льдами, встречается

и местный каменный материал, скатившийся с обнаженных коренных выступов скальных пород непосредственно на поднятии Менделеева.

Полученные батиметрические и сейсмические данные, а также результаты изучения многочисленных геологических образцов, несомненно, помогут в процессе установления природы поднятия Менделеева и будут способствовать юридическому закреплению за Россией фактически принадлежащих ей территорий. ■

Литература

1. Лисицын А.П. Ледовая седиментация в Мировом океане. М., 1994.
2. Jakobsson M., Mayer L.A., Coakley B. et al. The international bathymetric chart of the Arctic ocean (IBCAO) Version 3.0. // *Geophysical Research Letters*. 2012. V.39. L12609.
3. Hall J.K. Sediment waves and other evidence of paleo-bottom currents at two locations in the deep Arctic Ocean // *Sedimentary Geology*. 1979. V.23. P.269–299.
4. Bruvoll V., Kristoffersen Y., Coakley B.J. et al. The nature of the acoustic basement on Mendeleev and northwestern Alpha ridges, Arctic ocean // *Tectonophysics*. 2012. V.514–517. P.123–145.
5. Крылов А.А., Штайн Р., Ермакова Л.А. Глинистые минералы как индикаторы условий позднечетвертичного осадконакопления в районе поднятия Менделеева, Амеразийский бассейн Северного Ледовитого океана // *Литология и полезные ископаемые*. 2013. №6. С.507–521.
6. Phillips R.L., Grantz A. Regional variations in provenance and abundance of ice-rafted clasts in Arctic Ocean sediments: implications for the configuration of late Quaternary oceanic and atmospheric circulation in the Arctic // *Marine Geology*. 2001. V.172. P.91–115.
7. Stein R., Matthiessen J., Niessen F. et al. Towards a better (litho-) stratigraphy and reconstruction of Quaternary paleoenvironment in the Amerasian basin (Arctic ocean) // *Polarforschung*. 2010. V.79. №2. P.97–121.
8. Кабаньков В.Я., Андреева И.А., Иванов В.Н., Петрова В.И. О геотектонической природе системы Центрально-Арктических морфоструктур и геологическое значение донных осадков в ее определении // *Геотектоника*. 2004. №6. С.33–48.
9. Рекант П.В., Миролобова Е.С., Андреева И.А., Смирнова Л.С. Сравнительный анализ минеральных ассоциаций донных отложений прилаптевоморского сегмента хребта Ломоносова и поднятия Менделеева как один из критериев оценки источников обломочного материала // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2013. №4(98). С.79–95.
10. Шкатов М.Ю., Иванов Г.И. Первая российская скважина на дне Северного Ледовитого океана // *Океанология*. 2013. Т.53. №4. С.569–572.
11. Морозов А.Ф., Шкатов М.Ю., Корнеев О.Ю., Кашубин С.Н. Комплексная геолого-геофизическая экспедиция «Арктика-2012» по обоснованию континентальной природы поднятия Менделеева в Северном Ледовитом океане // *Разведка и охрана недр*. 2014. №3. С.22–27.
12. Кременецкий А.А. Арктида. М., 2013.
13. Гусев Е.А., Лукашенко Р.В., Попко А.О. и др. Новые данные о строении склонов подводных гор поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) // *Доклады Академии наук*. 2014. Т.455. №2. С.184–188.
14. Морозов А.Ф., Петров О.В., Шокальский С.П. и др. Новые геологические данные, обосновывающие континентальную природу области Центрально-Арктических поднятий // *Региональная геология и металлогения*. 2013. №53. С.34–55.
15. Hunkins K.L., Mathieu G., Teeters S.R., Gill A. The floor of the Arctic ocean in photographs // *Arctic*. 1970. V.23. №3. P.175–189.
16. Гусев Е.А., Рекант П.В., Большианов Д.Ю. и др. Псевдогляциальные структуры подводных гор поднятия Менделеева (Северный Ледовитый океан) и континентальной окраины Восточно-Сибирского моря // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2013. №4(98). С.43–55.
17. Поселов В.А., Буценко В.В., Каминский В.Д., Саккулина Т.С. Поднятие Менделеева (Северный Ледовитый океан) как геологическое продолжение континентальной окраины Восточной Сибири // *Доклады Академии наук*. 2012. Т.443. №2. С.232–235.